

**SULIT**

---



SOARING  
UPWARDS  
MAINTAINING THE EXCELLENCE

Second Semester Examination  
2017/2018 Academic Session

May/June 2018

**EBB 225/3 – Physical Metallurgy**  
**[Metalurgi Fizikal]**

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]

---

Please ensure that this examination paper contains TWELVE(12) printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA BELAS(12) muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper consists of SEVEN(7) questions. ONE(1) question in PART A, THREE(3) questions in PART B and THREE(3) questions in PART C.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH(7) soalan. SATU(1) soalan di BAHAGIAN A, TIGA(3) soalan di BAHAGIAN B dan TIGA(3) soalan di BAHAGIAN C.]

**Instruction:** Answer FIVE(5) questions. PART A is **COMPULSORY**. Answer TWO(2) questions from PART B and TWO(2) questions from PART C. If a candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

**[Arahan:** Jawab LIMA(5) soalan. BAHAGIAN A **WAJIB** dijawab. Jawab DUA(2) soalan dari BAHAGIAN B dan DUA(2) soalan dari BAHAGIAN C. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

In the event of any discrepancies in the examination questions, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]

...2/-  
**SULIT**

**PART A/ BAHAGIAN A**

1. [a] (i) Briefly discuss the difference between heat treatable and non heat treatable alloy. Give examples for each alloy.

*Secara ringkas bincangkan perbezaan antara aloi boleh dirawat haba dan aloi tidak boleh dirawat haba. Beri contoh-contoh untuk setiap aloi.*

(10 marks/markah)

- (ii) Titanium alloy can be classified into 5 categories. List all the alloys and give examples of application for each alloys.

*Aloi titanium dapat diklasifikasikan ke dalam 5 kategori. Senaraikan semua aloi dan beri contoh-contoh untuk setiap aloi.*

(10 marks/markah)

- (iii) You have been hired as a metallurgical engineer at AAS Casting Sdn Bhd. They have assigned you a task to conduct a heat treatment process for Al 2024 alloy to enhance the strength by precipitation hardening. Describe the process that you would recommend for Al 2024 alloy.

*Anda telah dilantik sebagai seorang jurutera metalurgi di AAS Casting Sdn Bhd. Mereka telah memberi anda satu tugas untuk menjalankan satu proses rawatan haba bagi aloi Al 2024 bagi meningkatkan kekuatan secara pengerasan mendakan. Huraikan proses yang anda akan cadangkan untuk aloi Al 2024.*

(30 marks/markah)

...3/-

- [b] The production of sheet material for structural applications requires careful control of annealing-induced transformations, either during rolling (i.e. hot working) or after cold rolling. In relation to this sheet material production, write two factors that control grain growth (i.e: ultimate grain size) during the annealing of a polycrystalline metal deformed to a specific strain.

*Penghasilan bahan kepingan untuk aplikasi structural memerlukan kawalan transformasi penyepuhlindapan-teraruh, samada ketika pengelekan seperti kerja panas ataupun kerja sejuk. Sehubungan dengan pembuatan bahan kepingan ini, tuliskan dua faktor yang mengawal pertumbuhan butir (saiz butir) ketika penyepuhlindapan bagi satu bahan logam terubah bentuk poli-kristalin pada terikan yang spesifik.*

*(50 marks/markah)*

**PART B/ BAHAGIAN B**

2. [a] Explain critical resolved shear stress and derive Schmid's law.

*Jelaskan tegasan terlerai ricih genting dan terbitkan hukum Schmid.*

(15 marks/markah)

- [b] Explain why plastic deformation occurs at stresses that are much smaller than the theoretical strength of perfect crystals?

*Jelaskan mengapa ubahbentuk plastik berlaku pada tegasan yang jauh lebih kecil daripada kekuatan teori hablur sempurna?*

(15 marks/markah)

- [c] Indicate why the plastic deformation could change the properties of material to a very large degree, for example by forging, without changing the chemical composition?

*Jelaskan mengapa ubahbentuk plastik dapat mengubah ciri-ciri bahan dengan sangat besar, misalnya melalui tempaan, tanpa mengubah komposisi kimia?*

(20 marks/markah)

- [d] The critical resolved shear stress for the (110) [111] slip system of a pure FCC metal was found to be 1.5 MPa. Calculate how much stress must be applied in the [001] direction to produce slip in (i) the [101] direction on the (111) plane and (ii) in the [011] direction on the (111) plane?

*Tegasan ricih terlerai genting untuk sistem gelincir (110) [111] logam tulen FCC didapati adalah 1.5 MPa. Kirakan berapa tegasan mesti dikenakan pada arah [001] untuk menghasilkan gelongsor dalam (i) arah [101] pada satah (111) dan (ii) arah [011] arah pada satah (111)?*

(50 marks/markah)

...5/-

3. [a] Differentiate between crystal, dendrite, grain and grain boundary.

*Bezakan antara hablur, dendrit, ira dan sempadan butir.*

(10 marks/markah)

- [b] Briefly explain the important characteristics of grain boundaries. Discuss the role of grain boundaries for low temperature and high temperature applications.

*Secara ringkas terangkan ciri penting sempadan butir. Bincang peranan sempadan butir untuk aplikasi pada suhu rendah dan suhu tinggi.*

(30 marks/markah)

- [c] Define solid solution. Give the classification and explain the rules for the formation of solid solutions.

*Takrifkan larutan pepejal. Beri pengelasan dan jelaskan peraturan untuk pembentukan larutan pepejal.*

(40 marks/markah)

- [d] Hume- Rothery rules are applied for complete solid solution formation. However, Al-Mg system display incomplete solid solution. Which of the rules are violated?

*Peraturan Hume- Rothery digunakan untuk pembentukan larutan pepejal lengkap. Namun, sistem Al-Mg menunjukkan larutan pepejal tidak lengkap. Peraturan yang manakah yang tidak dipatuhi?*

(20 marks/markah)

4. [a] Differentiate between recovery, recrystallization and grain growth. Draw a microstructure for all the stages.

*Bezakan antara pemulihan, penghabluran semula dan pertumbuhan butir. Lukis mikrostruktur untuk semua peringkat.*

(20 marks/markah)

- [b] A piece of aluminium (Al) is deformed at room temperature to plastic strain of more than 50%. On annealing at 130 °C, Al undergoes complete recrystallization in about an hour. Draw a microstructure of Al as a function of time (15, 30, 45, 60 and 75 minutes). Plot the graph of Al hardness versus time.

*Sekeping aluminium diubah bentuk pada suhu bilik kepada terikan // lastik lebih daripada 50%. Pada suhu penyepuhlindap 130 °C, Al menjalani penghabluran semula lengkap dalam lebih kurang satu jam. Lukis mikrostruktur aluminium sebagai fungsi masa (15, 30, 45, 60 dan 75 minit). Plot graf kekerasan Al melawan masa.*

(40 marks/markah)

- [c] List strengthening mechanisms in solids. Explain any two of mechanisms with schematic diagrams.

*Senarai mekanisma penguatan dalam pepejal-pepejal. Jelaskan mana-mana dua mekanisma dengan gambarajah skematik.*

(40 marks/markah)

**PART C/ BAHAGIAN C**

5. In the thermomechanical processing (TMP) of steel, the resultant nonequilibrium phase transformations can be best described using a Time Temperature-Transformation (TTT) curve.

*Dalam pemrosesan Termo-Mekanikal (TMP) bagi keluli, resultan transformasi fasa ketak-seimbangan boleh diterangkan menggunakan kurva Transformasi Suhu Masa (TTT).*

- [a] Illustrate a schematic TTT curve for a eutectoid steel (0.77 wt.% C) and label all the phase fields including austenite, pearlite, bainite and martensite.

*Terangkan kurva skematik TTT bagi keluli eutektoid (0.77 wt.% C) dan labelkan semua bahagian fasa termasuklah austenit, pearlit, bainit dan martensit.*

(35 marks/markah)

- [b] Relate the main function of TMP during controlled rolling on a eutectoid steel. How this effect is shown on the TTT curve?

*Hubungkaitkan fungsi utama TMP semasa pengelekan terkawal ke atas keluli eutektoid. Bagaimanakah ini ditunjukkan di atas kurva TTT?*

(25 marks/markah)

...8/-

[c] Distinguish the following processes using TTT diagram:.....

*Menggunakan rajah TTT anda, bezakan di antara:*

(i) conventional tempering

*pembajaan konvensional*

(ii) austempering

*pembajaan austenite*

(iii) martempering

*pembajaan martensit*

(40 marks/markah)

Describe the advantages of each type of heat treatment.

*Terangkan kelebihan bagi setiap jenis rawatan haba tersebut.*



6. [a] The concept of strain hardening in cold work could be explained using the stress strain curve of tensile test.

*Konsep pengerasan terikan dalam kerja sejuk boleh difahami dengan mempertimbangkan kurva tegasan terikan bagi ujian tegangan.*

- (i) Interpret the relationship of this statement in relation to appropriate curve.

*Huraikan hubungan berkenaan kenyataan ini dengan menghubungkan kurva yang berkaitan.*

- (ii) How materials properties can be improved?

*Bagaimana sifat sifat bahan boleh ditambahbaik?*

(35 marks/markah)

...10/-

- [b] Flow stress is a strength that determines forces and power required to accomplish a deformation operation. The flow stress is influenced by the strain rate sensitivity and can be expressed in the following equation:

*Tegasan aliran adalah kekuatan untuk menentukan daya dan kuasa yang diperlukan untuk melaksanakan operasi ubahbentuk. Tegasan aliran adalah dipengaruhi oleh sensitiviti kadar terikan dan boleh dinyatakan dengan persamaan berikut:*

$$Y_f = C \dot{\epsilon}^m$$

where C is strength constant and m is strain rate sensitivity exponent.

*di mana C adalah konstan kekuatan dan m adalah eksponen sensitivity kadar terikan*

With an appropriate plot, explain how strain rate sensitivity will affect the flow stress.

*Dengan plot yang bersesuaian, terangkan bagaimana sensitiviti kadar terikan akan memberi kesan terhadap tegasan aliran.*

(35 marks/markah)

- [c] During full annealing process, several changes can be observed at i) gross view or naked eye level; ii) microstructural level and; iii) crystal level. Demonstrate these changes using sketches for sample after cold-worked and full-annealed. Explain suitable changes at every stages during this heat treatment process.

*Semasa proses pelindapkejutan penuh, beberapa perubahan boleh diperhatikan pada i) peringkat mata kasar; ii) peringkat mikrostruktural, dan; iii) peringkat kristal. Tunjukkan perubahan-perubahan tersebut menggunakan lakaran-lakaran yang sesuai untuk sampel terkerja-sejuk dan terlindapkejut. Terangkan perubahan-perubahan ini pada setiap peringkat semasa proses rawatan haba ini.*

(30 marks/markah)

7. [a] With phase diagram and related figures, illustrate the transformation reaction in the formation of pearlitic structure for i) hypereutectoid of 0.85%C; ii) eutectoid reaction; and iii) hypoeutectoid 0.40%C.

*Dengan lakaran gambarajah fasa dan rajah-rajah, ilustrasikan tindakbalas transformasi dalam pembentukan struktur pearlitik bagi for i) hipereutektoid of 0.85%C; ii) tindakbalas eutektoid; dan iii) hipoeutektoid 0.40%C.*

(50 marks/markah)

- [b] Using appropriate flowchart, identify the reaction involved in the transformation of austenitic phase at slow cool, moderate cool and rapid quenching in heat treatment processing.

Your explanations should include the transformation of austenitic phase to pearlite (coarse and fine), bainite, martensite and tempered martensite phases together with its strength and ductility trends.

*Menggunakan carta aliran yang sesuai, kenalpasti tindak balas yang terlibat dalam transformasi fasa austenit pada pemprosesan rawatan haba yang perlahan, sederhana sejuk dan pelindapkejukan pantas.*

*Penjelasan anda perlu memasukkan transformasi fasa austenitik kepada fasa-fasa pearlite (kasar dan halus), bainit, martensit dan martensit terbaja bersama-sama dengan pola kekuatan dan kemulurannya.*

(50 marks/markah)